精密分溜装置と一体化した流動帯電実験装置 による帯電量の測定

正員 土田 縫 夫 (豊田工大)

正員 大橋 朝 夫 (愛知工大)

Measurement of Charge Quantity by Using Experimental Equipment for Streaming Electrification which is Unified with Precise Distilling Column

Nuio Tsuchida, Member (Toyota Technological Institute), Asao Ohohashi, Member (Aichi Institute of Technology)

キーワード：流動帯電，不純物，電子親和力，電子放出性

1. ま え が き

絶縁油の流動帯電は一般に中性油に含まれる正・負等量のイオンの内のどちらかのイオンが選択的に外壁に取られることによって生ずると考えられている⁽¹⁾。しかし流動帯電は雰囲気や油中不純物などによって影響を受ける複雑な現象であり、多くの研究がなされているが十分に解明されていない。例えば、同じ不純物を含む同じ液体の場合でも逆符号の帯電をする例も多く報告されている⁽²⁾。従って流動帯電の実験を行う場合は変えようとする条件以外のパラメータが変化しない実験システムを用いる必要がある。そこで本研究では、大気および湿気など雰囲気の影響をできるだけ少なくして、信頼性良く流動帯電量の測定ができるようにするため、精密分溜装置と帯電部を真空系として一体化し、外部と遮断した流動帯電システムを組立てた。そして十分に精製したシリコン油を用いて、流動帯電に及ぼす油中の不純物の影響を調べたところ再現性のある結果が得られた。そこで、著者らが既に明らかにした不純物の電子親和力および電子放出性⁽³⁾との関連性について検討した。

2. 実験装置

電気的に活性な大気中の酸素や水分の影響を避けるため、図1に示すように75段の精密分溜装置と流動帯電部を一体化した流動帯電実験装置を製作した。最初ガラス弁とバルブ2は閉じており、バルブ1は開いた状態になっていて、チャンバ1およびチャンバ2は同じ圧力になっている。そして精密分溜装置で精製されたシリコン油または受器3のところで決められた量の不純物を混入したシリコン油を、なるべく流動帯電が生じないようにゆっくりとチャンバ1に導入し、電気的に不活性な99.9995%の純度のアルゴンガ

スでおよそ 3.8×10^3 Paの圧力に調節する。端子1で試験油の帯電が緩和されたことを確かめてから、バルブ1を閉じガラス弁とバルブ2を開けてチャンバ1とチャンバ2の間におよそ 3.8×10^3 Paの圧力差をつけることによってシリコン油の流動を行う。そして、ステンレス鋼製の注射針の部分で流動帯電をさせて、微小電流計およびエレクトロメータで、流動電流および液体の帯電電荷量の測定を行う。ただし、ガラス弁および2個のバルブを同時に動作させると、それぞれの動作遅れ時間の違いにより誤動作をする恐れがあるので、シーケンシャル制御装置によりそれぞれの弁の動作時刻を調節した。

図1 実験装置

Fig. 1. Experimental apparatus.

図2 酪酸を混入したシリコン油の帯電量
Fig. 2. Electrified charge of silicone oil in which butyric acid is mixed.

図3 トリエチルアミンを混入したシリコン油の帯電量
Fig. 3. Electrified charge of silicone oil in which triethylamine is mixed.

3. 実験結果および検討

図2は酪酸を混入したときのシリコン油の帯電電荷量を示したものである。同図より純粋なシリコン油の帯電量はおよそ+50 pCであるが、酪酸の量が増加すると帯電量が減少し200 ppmのときほぼ零となることがわかる。更に酪酸の量が増加するとシリコン油は負に帯電し、400 ppmを超えると帯電量は-25 pCでほぼ一定となることがわかる。

図3は不純物としてトリエチルアミン(TEA)をシリコン油中に混入したときの帯電電荷量を示したものである。同図よりTEAを混入することによりシリコン油の正の帯電量は増加し、混入量が400 ppmを超えるとほぼ+140 pCで一定になることがわかる。本研究では、真空系として外部と遮断した装置により実験を行ったため、従来と異なって非常に再現性の優れたデータが得られた。

流動帯電は液体・固体の界面において、ある符号のイオンが選択的に吸着され異符号のイオンが流体と共

に運び出されることにより生じると考えられている。しかし、この電気2重層理論は静的なものであって流動帯電のような動的な場合に適用するには問題があることが指摘されている⁽⁴⁾。本研究の結果では、シリコン油中に電子親和性の大きな酪酸を混入したときは負に帯電し、電子放出性の大きなアミンを混入したときは正に帯電することがわかった。この場合の動的な帯電機構の一つの可能性として、電子親和力の大きな酪酸を混入したときは壁画と流体の間の摩擦エネルギーによって、壁画構成分子の価電子が励起されて壁画から酪酸へ電子が取込まれ、逆に電子放出能力の大きなアミンを混入したときは電子がアミンから壁画に放出される機構を考えることができる。

今後更に多くの不純物について実験を行い、既に明らかにした不純物の電子親和性および電子放出性⁽³⁾と流動帯電の関係を調べ、帯電の機構を明らかにする予定である。

(平成3年10月4日受付)

文 献

- (1) 静電気学会編：静電気ハンドブック，p.105（昭55）
- (2) 同上，p.107
- (3) N. Tsuchida: "Studies on Electron Affinity and Energy for Electron Emission of Various impurities in Silicone Oil", IEEE, Trans. Elect. Insulation, (submitted)
- (4) 浅野：「絶縁液体のフィルタ過程での帯電現象」，静電気学誌，2，152（昭53-3）

土 田 縫 夫 (正員)

昭和19年6月29日生。42年岐阜大学電気工学科卒業。47年名古屋大学大学院博士課程満了。同年同大学助手，57年豊田工業大学助教授。工学博士。46年電気学会論文賞受賞。電子情報通信学会，ロボット学会，マイクロマシン研究会会員。

大 橋 朝 夫 (正員)

昭和13年12月1日生。45年3月名古屋大学大学院博士課程満了。同年4月同大学助手，51年4月同講師，54年4月同助教授，60年10月愛知工業大学教授，現在に至る。工学博士。液体誘電体の電気物性の研究に従事。静電気学会会員。